

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re PATENT APPLICATION of :  
Kazuhide ABE :  
Serial No.: [NEW] : Mail Stop Patent Application  
Filed: January 21, 2004 : Attorney Docket No. OKI.610  
For: INTERCONNECTION STRUCTURE AND METHOD FOR FABRICATING  
THE SAME

**CLAIM OF PRIORITY**

U.S. Patent and Trademark Office  
2011 South Clark Place  
**Customer Window, Mail Stop Patent Application**  
Crystal Plaza Two, Lobby, Room 1B03  
Arlington, VA 22202

Sir:

Applicant, in the above-identified application, hereby claims the priority date  
under the International Convention of the following Japanese application:

Appln. No. 2003-365238 filed October 24, 2003

as acknowledged in the Declaration of the subject application.

A certified copy of said application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

VOLENTINE FRANCOS, PLLC



Adam C. Volentine  
Registration No. 33,289

12200 Sunrise Valley Drive, Suite 150  
Reston, Virginia 20191  
Tel. (703) 715-0870  
Fax. (703) 715-0877

Date: January 21, 2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年 1 0 月 2 4 日  
Date of Application:

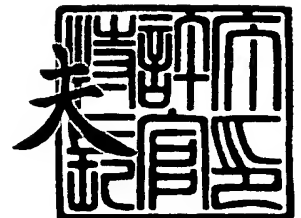
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 3 6 5 2 3 8  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 3 - 3 6 5 2 3 8 ]

出 願 人                      沖電気工業株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月    5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願  
【整理番号】 GI000019  
【提出日】 平成15年10月24日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H01L 23/522  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門 1 丁目 7 番 1 2 号 沖電気工業株式会社内  
    【氏名】 阿部 一英  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000000295  
    【氏名又は名称】 沖電気工業株式会社  
    【代表者】 篠塚 勝正  
【代理人】  
    【識別番号】 110000165  
    【氏名又は名称】 グローバル・アイピー東京特許業務法人  
    【代表者】 宮川 良夫  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 193162  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

複数の溝部を有する第 1 絶縁膜と、  
前記溝部間の前記第 1 絶縁膜の上面よりも突出するように形成された複数の配線膜と、  
前記配線膜の底面に形成されるとともに、前記配線膜の側面において前記上面より上方まで形成されている複数のバリア膜と、  
前記配線膜の上面に形成された金属膜からなる第 1 キャップ膜と、  
少なくとも前記第 1 キャップ膜及び前記バリア膜の側面に形成されている第 2 キャップ膜と、を備えることを特徴とする半導体装置の配線構造。

**【請求項 2】**

前記第 1 キャップ膜は、無電界メッキによって形成されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の半導体装置の配線構造。

**【請求項 3】**

前記第 1 キャップ膜は、Co または Ni を主成分とする金属膜であることを特徴とする、請求項 2 に記載の半導体装置の配線構造。

**【請求項 4】**

前記配線膜は、Cu または Cu を主成分とする金属膜であることを特徴とする、請求項 3 に記載の半導体装置の配線構造。

**【請求項 5】**

前記第 2 キャップ膜は、前記第 1 キャップ膜の上面から前記第 1 絶縁膜の前記上面に渡って全面に形成されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の半導体装置の配線構造。

**【請求項 6】**

前記第 2 キャップ膜は、 $Si_x N_y$ 、 $Si_x O_y N_z$ 、 $Si_x C_y$  または  $Si_x C_y$  を主成分とする絶縁膜であることを特徴とする、請求項 5 に記載の半導体装置の配線構造。

**【請求項 7】**

前記第 2 キャップ膜は、前記溝部ごとに分離されて形成されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の半導体装置の配線構造。

**【請求項 8】**

前記第 2 キャップ膜は、前記第 1 キャップ膜及び前記バリア膜の側面にのみ形成されていることを特徴とする、請求項 7 に記載の半導体装置の配線構造。

**【請求項 9】**

前記第 2 キャップ膜は、 $Si_x N_y$ 、 $Si_x O_y N_z$ 、 $Si_x C_y$  又は  $Si_x C_y$  を主成分とする絶縁膜であることを特徴とする、請求項 8 に記載の半導体装置の配線構造。

**【請求項 10】**

前記第 2 キャップ膜は、 $Ta_x N_y$ 、Ta または  $Ta_x Si_y N_z$  からなる金属膜であることを特徴とする、請求項 8 に記載の半導体装置の配線構造。

**【請求項 11】**

前記第 2 キャップ膜は、 $Ti_x N_y$  または  $Ti_x Si_y N_z$  からなる金属膜であることを特徴とする、請求項 8 に記載の半導体装置の配線構造。

**【請求項 12】**

前記第 2 キャップ膜は、 $W_x N_y$  または  $W_x Si_y N_z$  からなる金属膜であることを特徴とする、請求項 8 に記載の半導体装置の配線構造。

**【請求項 13】**

前記バリア膜は、 $Ta_x N_y$ 、Ta または  $Ta_x Si_y N_z$  からなる金属膜であることを特徴とする、請求項 1 に記載の半導体装置の配線構造。

**【請求項 14】**

前記バリア膜は、 $Ti_x N_y$  または  $Ti_x Si_y N_z$  からなる金属膜であることを特徴とする、請求項 1 に記載の半導体装置の配線構造。

**【請求項 15】**

前記バリア膜は、 $W_x N_y$  または  $W_x Si_y N_z$  からなる金属膜であることを特徴とす

る、請求項 1 に記載の半導体装置の配線構造。

【請求項 16】

前記配線膜は前記バリア膜よりも窪んでいることを特徴とする、請求項 1 に記載の半導体装置の配線構造。

【請求項 17】

第 1 絶縁膜上に複数の溝部を形成するステップと、  
前記第 1 絶縁膜上にバリア膜を形成するステップと、  
前記溝部内の前記バリア膜上に配線膜を形成するステップと、  
前記溝部間の前記第 1 絶縁膜が露出するように、前記配線膜及び前記バリア膜を除去するステップと、  
前記配線膜上に金属膜からなる第 1 のキャップ膜を形成するステップと、  
前記第 1 絶縁膜を薄膜化して、前記配線膜及び前記バリア膜を前記第 1 絶縁膜の上面よりも突出させるステップと、  
第 2 のキャップ膜を全面に形成するステップと、  
を含むことを特徴とする半導体装置の配線構造の製造方法。

【請求項 18】

前記第 1 キャップ膜を無電界メッキによって形成することを特徴とする、請求項 17 に記載の半導体装置の配線構造の製造方法。

【請求項 19】

前記第 1 キャップ膜は、Co または Ni を主成分とする金属膜であることを特徴とする、請求項 18 に記載の半導体装置の配線構造の製造方法。

【請求項 20】

前記配線膜は、Cu または Cu を主成分とする金属膜であることを特徴とする、請求項 19 に記載の半導体装置の配線構造の製造方法。

【請求項 21】

前記第 2 キャップ膜をエッチバックすることにより、前記第 2 キャップ膜を前記溝部ごとに分離するステップをさらに含むことを特徴とする、請求項 17 に記載の半導体装置の配線構造の製造方法。

【請求項 22】

前記第 1 キャップ膜及び前記バリア膜の側面にのみ前記第 2 キャップ膜を残すことを特徴とする、請求項 21 に記載の半導体装置の配線構造の製造方法。

【請求項 23】

前記第 2 キャップ膜は、 $Si_x N_y$ 、 $Si_x O_y N_z$ 、 $Si_x C_y$  又は  $Si_x C_y$  を主成分とする絶縁膜であることを特徴とする、請求項 22 に記載の半導体装置の配線構造の製造方法。

【請求項 24】

前記第 2 キャップ膜は、 $Ta_x N_y$ 、Ta または  $Ta_x Si_y N_z$  からなる金属膜であることを特徴とする、請求項 22 に記載の半導体装置の配線構造の製造方法。

【請求項 25】

前記第 2 キャップ膜は、 $Ti_x N_y$  または  $Ti_x Si_y N_z$  からなる金属膜であることを特徴とする、請求項 22 に記載の半導体装置の配線構造の製造方法。

【請求項 26】

前記第 2 キャップ膜は、 $W_x N_y$  または  $W_x Si_y N_z$  からなる金属膜であることを特徴とする、請求項 22 に記載の半導体装置の配線構造の製造方法。

【請求項 27】

前記配線膜及び前記バリア膜を除去するステップは、  
前記バリア膜をストッパーとして前記配線膜を研磨するステップと、  
前記第 1 絶縁膜をストッパーとして前記配線膜及び前記バリア膜を研磨するステップと、  
を含むことを特徴とする請求項 17 に記載の半導体装置の配線構造の製造方法。

【請求項 28】

前記配線膜及び前記バリア膜を研磨するステップでは、前記配線膜の上面が前記バリア膜の上面よりも窪むように研磨することを特徴とする、請求項 27 に記載の半導体装置の配線構造の製造方法。

【請求項 29】

前記バリア膜は、 $Ta_x N_y$ 、 $Ta$  または  $Ta_x Si_y N_z$  からなる金属膜であることを特徴とする、請求項 27 に記載の半導体装置の配線構造の製造方法。

【請求項 30】

前記バリア膜は、 $Ti_x N_y$  または  $Ti_x Si_y N_z$  からなる金属膜であることを特徴とする、請求項 27 に記載の半導体装置の配線構造の製造方法。

【請求項 31】

前記バリア膜は、 $W_x N_y$  または  $W_x Si_y N_z$  からなる金属膜であることを特徴とする、請求項 27 に記載の半導体装置の配線構造の製造方法。

## 【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の配線構造及びその製造方法

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、半導体装置の配線構造及びその製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

半導体装置の微細化に伴い、RC遅延（抵抗値及び容量値による信号遅延）の影響が大きくなり、半導体装置の高速化を妨げる重要な原因となっている。配線の抵抗値及び配線間の容量を低減するために、配線幅 $0.25\mu\text{m}$ 以下の半導体装置では、アルミニウム合金に代わって銅Cuを用いた配線が導入されている。Cuを用いた配線の形成では、一般的にドライエッチングが困難なため、絶縁膜に形成された配線溝にCuを堆積させた後に平坦化するダマシン法が用いられている。

## 【0003】

ダマシン法によるCu配線の形成では、第1絶縁膜に配線溝を形成し、配線溝にCu拡散防止用のバリア膜、Cu配線膜を順に堆積した後、表面を化学的機械的研磨（CMP：Chemical Mechanical Polishing）法により平坦化し、Cu配線膜及びバリア膜を配線溝内のみに残す。続いて、窒化シリコン $\text{Si}_x\text{N}_y$ 等からなるキャップ膜をCu配線膜上に堆積する。Cuは容易に酸化され易く、Cu配線膜上に酸化シリコン膜を直接堆積できないため、窒化シリコン膜等でCu配線膜を覆う必要があるからである。しかしながら、キャップ膜に $\text{Si}_x\text{N}_y$ 等の絶縁膜を使用した場合には、絶縁膜であるキャップ膜と金属膜であるCu配線膜との密着性が悪く、キャップ膜とCu配線膜との境界面においてエレクトロマイグレーションが起りやすい。そのため、Cu配線膜を絶縁膜で覆う代わりに、選択的にCoWP、CoWB等の金属膜で被覆する方法が提案されている。

## 【0004】

Cu配線膜を金属膜で被覆する配線構造は、例えば、特許文献1に記載されている。この配線構造では、第1絶縁膜に形成された配線溝にバリア膜及びCu配線膜を埋め込んだ後、コバルトCo又はニッケルNiを主成分とする導電膜（キャップ膜）を無電解メッキによりCu配線膜上に選択的に形成し、このキャップ膜の上に $\text{Co}_x\text{Si}_y\text{P}_z$ や $\text{Ni}_x\text{Si}_y\text{P}_z$ 等を無電解メッキにより成膜し、シリサイド化して酸化防止膜を形成している。

## 【0005】

また、エレクトロマイグレーションによるCuイオンの拡散やCuヒロックの拡大を抑制する配線構造は、特許文献2に記載されている。この配線構造では、第1絶縁膜の配線溝にバリア膜を介してCu配線膜が埋め込まれているが、Cu配線膜及びバリア膜が配線溝よりも突出して形成されている。また、配線溝から突出したCu配線膜及びバリア膜を覆うように炭化シリコン $\text{Si}_x\text{C}_y$ 等の絶縁膜からなるキャップ膜が全面に形成されている。この配線構造では、配線材料のリーク源となるCu配線膜の上面縁部と、電流リークのパスとなる第1絶縁膜の界面とを上下方向に分離している。

【特許文献1】 特開2003-179000号公報（第5頁、第1図）

【特許文献2】 特開2002-329780号公報（第15頁、第20図）

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

特許文献1に記載の配線構造では、配線材料のリーク源であるCu配線膜の上面縁部が、キャップ膜とバリア膜との界面を介して、電流リークのパスとなる第1絶縁膜の界面に接近しており、Cuイオン等がキャップ膜とバリア膜との界面を介して電流リークのパスに到達し易く、隣接するCu配線膜にリーク電流が流れる虞がある。

## 【0007】

特許文献2に記載の配線構造では、配線材料のリーク源であるCu配線膜の上面縁部と

、電流リークのパスとなる第1絶縁膜の界面とが上下方向に分離されているが、Cu配線膜上に形成されたキャップ膜が絶縁膜であるために、Cu配線膜とキャップ膜との界面での密着性、バリア膜とキャップ膜との界面での密着性が悪い。Cu配線膜とキャップ膜との界面での密着性が悪いことにより、Cu配線膜の上面においてエレクトロマイグレーションが起こりやすく、エレクトロマイグレーションの影響が大きい場合には、Cu配線膜の上面縁部から、密着性の悪いバリア膜とキャップ膜との界面を通して、CuイオンやCuヒロックが電流リークのパスとなる第1絶縁膜の界面に到達してしまう虞があり、リーク電流の増大や配線間の短絡の虞がある。

#### 【0008】

本発明の目的は、半導体装置の配線構造において、配線材料の拡散を防止することにより配線の絶縁耐性を向上させることにある。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0009】

本発明に係る半導体装置の配線構造は、第1絶縁膜と、複数の配線膜と、複数のバリア膜と、第1キャップ膜と、第2キャップ膜とを備えている。第1絶縁膜には、複数の溝部が形成されている。第1絶縁膜は、隣接する溝部の間に水平方向の界面を有する。配線膜は、第1絶縁膜の溝部ごとに第1絶縁膜の界面よりも突出して形成されている。バリア膜は、配線膜の底面に形成されるとともに、配線膜の側面において界面より上方まで形成されている。第1キャップ膜は、配線膜の上面に選択的に形成されている。第2キャップ膜は、少なくとも第1キャップ膜及びバリア膜の側面に形成されている。

#### 【発明の効果】

#### 【0010】

本発明に係る半導体装置の配線構造では、配線材料のリーク源となる配線膜の上面縁部と、配線材料によるリーク電流のパスとなる第1絶縁膜の界面とが上下方向に離れているので、配線材料がリークしたとしてもリーク電流のパスとなる第1絶縁膜の界面に到達し難い。また、金属膜である第1キャップ膜と配線膜との密着性が高く、配線膜上面においてエレクトロマイグレーションの発生が抑制され、配線材料のリーク自体を抑制することもできる。この結果、配線間のリーク電流を抑制するとともに、配線間の電氣的な短絡を防止し、配線の絶縁耐性を向上させることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0011】

##### (1) 第1実施形態

#### 【構造】

図9は、本発明の第1実施形態に係る配線構造1の断面図である。この配線構造1は、絶縁膜101と、複数のバリア膜103と、銅Cu又は銅合金からなる複数の配線膜105と、 $\text{Co}_x\text{W}_y\text{P}_z$ 、Co、 $\text{Co}_x\text{Mo}_y\text{P}_z$ などのコバルトCoを主成分とする金属膜または $\text{Ni}_x\text{W}_y\text{P}_z$ 、 $\text{Ni}_x\text{Mo}_y\text{P}_z$ などのニッケルNiを主成分とする金属膜からなる第1のキャップ膜106と、 $\text{Si}_x\text{N}_y$ 、 $\text{Si}_x\text{O}_y\text{N}_z$ 、 $\text{Si}_x\text{C}_y$ を主成分とする絶縁体からなる第2のキャップ膜107とを備えている。

#### 【0012】

絶縁膜101の表面には複数の溝部102（配線溝）が形成されている。また、絶縁膜101は、隣接する溝部102の間に水平方向の上面としての界面101aを有している。配線膜105は、絶縁膜101の溝部102ごとに形成されている。配線膜105は、絶縁膜101の界面101aよりも凸状に突出して形成されており、配線膜105の界面105aは界面101aよりも上方に位置している。従って、配線膜105の上面105aの縁部と界面101aとは上下方向に分離されている。バリア膜103は、配線膜105の底面に形成されるとともに、配線膜105の側面において界面101aより上方まで形成されている。キャップ膜106は、配線膜105の上面105aに選択的に形成されている。キャップ膜107は、キャップ膜106及びバリア膜103の上面及び側面を覆い、全面に形成されている。また、キャップ膜107上には、第2の絶縁膜108が形成



されている。

#### 【0013】

##### 〔製造方法〕

以下、配線構造 1 の製造方法を図 1 から図 9 を参照して説明する。

#### 【0014】

図 1 に示すように、半導体素子が形成された基板（図示せず）の上に、CVD 法により、酸化シリコン  $\text{SiO}_2$  からなる膜厚 500 nm の絶縁膜 101 を形成し、ホトリソグラフィ、エッチングにより、配線形成予定領域（配線パターンを形成する領域）に複数の溝部 102 を形成する。溝部 102 は、幅 200 nm、深さ 350 nm であり、隣接する溝部 102 の間隔は 200 nm とする。溝部 102 のエッチングは、例えば、マグネトロン型反応性イオンエッチング（RIE: Reactive Ion Etching）装置を用いる。なお、絶縁膜 101 のエッチングは、マグネトロン型カソードカップルエッチング装置、二周波励起容量結合プラズマエッチング装置、ICP（Inductive coupled plasma）型エッチング装置から適宜選択されたエッチング装置を好適に用いることができる。絶縁膜 101 のエッチングに使用するエッチングガスは、オクタフルオロシクロブタン  $\text{C}_4\text{F}_8$  と一酸化炭素  $\text{CO}$  と酸素  $\text{O}_2$  とアルゴン  $\text{Ar}$  とを使用した。エッチングの条件は、例えば、ガス流量  $\text{C}_4\text{F}_8/\text{CO}/\text{O}_2/\text{Ar}=14/50/5/30\text{ sccm}$ 、RF 電力 1.5 kW、チャンバー圧力 50 mTorr とする。

#### 【0015】

次に、図 2 に示すように、絶縁膜 101 に窒化タンタル  $\text{Ta}_2\text{N}_5$  からなる膜厚 50 nm のバリア膜 103 を形成する。具体的には、絶縁膜 101 の溝部 102 の内面（底面及び側面）と、絶縁膜 101 の表面とにバリア膜 103 を形成する。バリア膜 103 の形成では、例えば、ターゲットに Ta、プロセスガスに  $\text{Ar}/\text{N}_2$  混合ガスを用い、雰囲気圧力 3 mTorr、成膜温度 150℃、DC 電力 6 kW の条件で、指向性の高いスパッタリングにより窒化タンタル  $\text{Ta}_2\text{N}_5$  を堆積する。なお、バリア膜 103 は、窒化タンタル  $\text{Ta}_2\text{N}_5$  に限られるものではなく、Cu 拡散を防止する同様な機能を有する材料、例えば Ta、 $\text{Ta}_x\text{Si}_y\text{N}_z$  等のタンタルを主成分とする金属膜、 $\text{Ti}_x\text{N}_y$ 、 $\text{Ti}_x\text{Si}_y\text{N}_z$  等のチタンを主成分とする金属膜または  $\text{W}_x\text{N}_y$ 、 $\text{W}_x\text{Si}_y\text{N}_z$  等のタングステンを主成分とする金属膜等の導電材料で形成しても良い。

#### 【0016】

次に、図 3 に示すように、バリア膜 103 の表面にメッキ膜の種となる膜厚 150 nm の Cu シード膜 104 を形成する。Cu シード膜 104 の形成では、例えば、ターゲットに Cu、プロセスガスに Ar を用い、雰囲気の圧力を 2 mTorr、成膜温度を 30℃、DC 電力を 12 kW の条件で、指向性の高いスパッタリングにより Cu を堆積する。なお、Cu シード膜 104 は、Cu または Cu を主成分とする合金であっても良い。

#### 【0017】

次に、図 4 に示すように、Cu シード膜 104 の表面に電界メッキ法により Cu からなる配線膜 105 を堆積する。配線膜 105 は、溝部 102 を埋め尽くす膜厚以上だけ堆積すれば良いが、ここでは、配線膜 105 を絶縁膜 101 の表面よりも数百 nm 高い位置まで堆積する。電界メッキには、例えば、Cu 成分を析出させる元になる硫酸銅  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、電導性を高めるための硫酸  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、高電流密度部の光沢性や溶解性アノード（例えば、リン含有銅）の溶解を促進するための塩素 Cl、埋込性を向上させる添加剤などを含むメッキ液を使用する。電界メッキは、例えば、上記メッキ液を用いて、液温 25℃、定電流の条件で、電流密度を 2 段階に切り換えて行う。電流密度の切り換えは、例えば、第 1 段階では低電流密度  $0.2\text{ A/dm}^2$  とし、第 2 段階では高電流密度  $2\text{ A/dm}^2$  とする。このように電流密度を 2 段階に変化させる理由は、高電流密度のみで電界メッキを実行すると、微細パターンである溝部 102 の入り口でメッキ膜（配線膜 105）が閉じてしまいボイドが形成される虞がある一方、低電流密度のみで電界メッキを実行すると、配線膜 105 の堆積速度が遅く、溝部 102 の埋め込みに時間を要するからである。以下の説明では、Cu シード膜 104 も含めて配線膜 105 と称す。

## 【0018】

配線膜105を電界メッキした後、炉内にて例えば温度100～350℃、窒素N<sub>2</sub>及び水素H<sub>2</sub>の混合雰囲気中で1～300分間の熱処理を行う。或いは、基板をホットプレートに搭載して熱処理しても良い。この熱処理により、配線膜105の微細なCu結晶粒の成長を促すとともに、膜の硬度、結晶性、比抵抗等の安定化を図る。

次に、図5に示すように、配線膜105、バリア膜103をCMP法により研磨し、配線膜105及びバリア膜103を平坦化する。より詳細には、絶縁膜101が露出するまで配線膜105、バリア膜103を除去して、配線膜105及びバリア膜103を溝部102内のみ残す。この結果、配線膜105及びバリア膜103の上面が絶縁膜101の表面と一致するようになる。

## 【0019】

このCMPによる研磨は、例えば2段階の研磨を含んでいる。第1段階では、バリア膜103をストッパーにして、絶縁膜101の表面にあるバリア膜103の表面が露出するまで配線膜105を研磨、除去する。第1段階では、研磨粒子としてシリカを含む溶液に銅錯体形成促進剤として過酸化水素H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>を加えたものをスラリーとして使用する。また、研磨パッドには、不織布と独立発泡体の積層構造を用い、スラリー流量200ml/min、研磨荷重2psi、キャリアヘッド回転数120rpm、テーブル回転数120rpmとする。続いて第2段階では、絶縁膜101をストッパーにして、絶縁膜101の表面にあるバリア膜103を除去する。第2段階でも、研磨粒子としてシリカを含む溶液に過酸化水素H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>を加えたものをスラリーとして使用する。また、研磨パッドには、不織布と独立発泡体の積層構造を用い、スラリー流量200ml/min、研磨荷重2psi、キャリアヘッド回転数80rpm、テーブル回転数80rpmとする。

## 【0020】

なお、配線膜105及びバリア膜103の平坦化では、理想的には、配線膜105及びバリア膜103の上面が一致することが好ましいが、実際には、バリア膜103を除去する際（第2段階の研磨）に、図12に示すように溝102内の配線膜105がバリア膜103よりも研磨されるディッシングが発生するため、配線膜105の上面105aの中央部がバリア膜103の上面に対して5nm～10nmだけ窪む。この場合にも、CuイオンやCuヒロックのリーク源となる配線膜105の上面105aは、後述する絶縁膜101の薄膜化によって絶縁膜101の界面101aよりも突出する。

## 【0021】

次に、図6に示すように、配線膜105上に第1のキャップ膜106を形成する。キャップ膜106は、例えば、膜厚20nmのコバルトタングステンリンCo<sub>x</sub>WyP<sub>z</sub>を無電解メッキ法で堆積する。無電解メッキの手順の一例は、以下の通りである。まず、配線膜105の表面に触媒活性層を形成する前処理を行う。前処理では、配線膜105が露出したウエハ表面を塩化パラジウムPdCl<sub>2</sub>溶液に浸漬することにより、配線膜105の最表面（上面）においてCu原子をPd原子に置換させ、触媒活性層を形成する。PdはCuよりもイオン化傾向が小さいため、配線膜105の表面にはPdの置換メッキが起こる。触媒活性層を形成した後、Co<sub>x</sub>WyP<sub>z</sub>を無電解メッキにより成膜する。Co<sub>x</sub>WyP<sub>z</sub>は、触媒活性層のPdが存在する場所のみに成膜されるが、Pdによる触媒活性層が配線膜105の上面にしか形成されていないため、配線膜105の上面のみにCo<sub>x</sub>WyP<sub>z</sub>膜（キャップ膜106）が形成される。

## 【0022】

なお、キャップ膜106をCo<sub>x</sub>WyP<sub>z</sub>からなる金属膜としたが、キャップ膜106をCo、Co<sub>x</sub>Py、Co<sub>x</sub>Mo<sub>y</sub>P<sub>z</sub>などのCoを主成分とする金属膜、または、Ni<sub>x</sub>WyP<sub>z</sub>、Ni<sub>x</sub>Mo<sub>y</sub>P<sub>z</sub>などのニッケルNiを主成分とする金属膜としてもよい。

## 【0023】

次に、図7に示すように、キャップ膜106をマスクとして絶縁膜101をエッチングして薄膜化し、バリア膜103及び配線膜105を絶縁膜101の界面101aよりも凸状に突出させる。これにより、配線膜105の上面105aの縁部と界面101aとは上

下方向に分離される。絶縁膜 101 の薄膜化は、例えば絶縁膜 101 を膜厚 20 nm 除去することにより行う。絶縁膜 101 のエッチングに使用するエッチングガスは、 $C_4F_8$  と  $CO$  と  $O_2$  と  $Ar$  とを使用した。エッチングの条件は、例えば、ガス流量  $C_4F_8/CO/O_2/Ar = 14/50/5/30$  sccm、チャンバー圧力 50 mTorr、RF 電力 1.5 kW とする。なお、絶縁膜 101 のエッチングは、ドライエッチングに限られず、フッ酸 (0.3% HF 等) 薬液を使用したウェットエッチングを適用することもできる。

#### 【0024】

次に、図 8 に示すように、膜厚 50 nm の  $Si_xN_y$  からなる第 2 のキャップ膜 107 を CVD 法により堆積する。なお、キャップ膜 107 の材料は、 $Si_xN_y$  に限られず、 $Si_xC_y$ 、 $Si_xO_yN_z$ 、または、 $Si_xC_y$  を主成分とする絶縁膜であっても良い。次に、図 9 に示すように、CVD 法により、酸化シリコン  $SiO_2$  からなる膜厚 700 nm の絶縁膜 108 を堆積する。

#### 【0025】

##### 〔作用効果〕

本実施形態に係る配線構造 1 では、Cu イオンや Cu ヒロックのリーク源となる配線膜 105 の上面 105a の縁部と、リーク電流のパスとなる絶縁膜 101 の界面 101a とが上下方向に離れているため、配線膜 105 の上面 105a の縁部から Cu イオン又は Cu ヒロックが絶縁膜の界面 101a に到達し難い。さらに、配線膜 105 の上面 105a を金属膜からなるキャップ膜 106 で覆っているため、配線膜 105 とキャップ膜 106 との界面、即ち配線膜 105 の上面 105a での密着性が高く、配線膜 105 の上面 105a においてエレクトロマイグレーションを抑制することができる。また、配線膜 105 及びバリア膜 103 の側面が絶縁効果の大きい第 2 のキャップ膜 107 で覆われているため、隣接する配線間でのリーク電流を抑制し、配線間での絶縁耐性を高めることができる。

#### 【0026】

また、 $Co_xWyP_z$  等からなるキャップ膜 106 は、バリア膜 103 上には成膜が困難であり、バリア膜 103 との境界である配線膜 105 の上面 105 の縁部では、酸素が進入する虞があるが、配線膜 105 の上面 105 の縁部を第 2 のキャップ膜 107 で覆うことによって、配線膜 105 が上面 105 の縁部から酸化されることを防止できる。

#### 【0027】

また、図 5 に示す工程において配線膜 105 及びバリア膜 103 を CMP 法により研磨して平坦化する際には、図 12 に示すように、配線膜 105 の上面 105a の中央部がバリア膜 103 の上面よりも 5 nm ~ 10 nm 窪むことがある。このような場合であっても、Cu イオンや Cu ヒロックのリーク源となる配線膜 105 の上面 105a は、リーク電流のパスとなる絶縁膜 101 の界面 101a よりも上方に突出し、配線膜 105 の上面 105a の縁部と界面 101a とが上下方向に分離されているため、配線膜 105 の上面 105a から Cu イオン又は Cu ヒロックが絶縁膜 101 の界面 101a に到達し難い。

#### 【0028】

##### (2) 第 2 実施形態

##### 〔構成〕

図 11 は、本発明の第 2 実施形態に係る配線構造 1 の断面図である。この配線構造 1 は、第 1 実施形態に係る配線構造 1 において、キャップ膜 107 が、溝部 102 ごとに分離され、キャップ膜 106 及びバリア膜 103 の側面に形成されている。より詳細には、配線構造 1 は、絶縁膜 101 と、複数のバリア膜 103 と、銅 Cu 又は銅合金からなる複数の配線膜 105 と、 $Co_xWyP_z$ 、Co、 $Co_xMo_yP_z$  などのコバルト Co を主成分とする金属膜または  $Ni_xWyP_z$ 、 $Ni_xMo_yP_z$  などのニッケル Ni を主成分とする金属膜からなる第 1 のキャップ膜 106 と、 $Si_xN_y$ 、 $Si_xO_yN_z$ 、 $Si_xC_y$  を主成分とする絶縁体からなる第 2 のキャップ膜 107 とを備えている。

#### 【0029】

絶縁膜 101 の表面には複数の溝部 102 (配線溝) が形成されている。また、絶縁膜 101 は、隣接する溝部 102 の間に水平方向の上面としての界面 101a を有している。配線膜 105 は、絶縁膜 101 の溝部 102 ごとに形成されている。配線膜 105 は、絶縁膜 101 の界面 101a よりも凸状に突出して形成されており、配線膜 105 の界面 105a は界面 101a よりも上方に位置している。従って、配線膜 105 の上面 105a の縁部と界面 101a とは上下方向に分離されている。バリア膜 103 は、配線膜 105 の底面に形成されるとともに、配線膜 105 の側面において界面 101a より上方まで形成されている。キャップ膜 106 は、配線膜 105 の上面 105a に選択的に形成されている。キャップ膜 107 は、キャップ膜 106 の上面及び絶縁膜 101 上で取り除かれ、キャップ膜 106 及びバリア膜 103 の側面のみに形成されている。また、キャップ膜 107 上には、第 2 の絶縁膜 108 が形成されている。

#### 【0030】

##### 〔製造方法〕

図 11 乃至図 12 は、第 2 実施形態に係る配線構造 1 の製造方法を説明する図である。

#### 【0031】

第 1 実施形態における図 1 乃至図 8 の工程が終了した後、図 10 に示すように、窒化シリコン  $\text{Si}_x\text{N}_y$  からなる第 2 のキャップ膜 107 を絶縁膜 101 の界面 101a が露出するまでエッチバックする。これにより、第 1 のキャップ膜 106 の上面にある第 2 のキャップ膜 107 と、絶縁膜 101 の界面 101a 上の第 2 のキャップ膜 107 とが除去されて、第 2 のキャップ膜 107 が溝部 102 ごとに分離されるとともに、第 1 のキャップ膜 106 及びバリア膜 103 の側面に第 2 のキャップ膜 107 が残る。このとき、第 1 のキャップ膜 106 の上面が露出されるが、第 1 のキャップ膜 106 は、上述したようにコバルト Co を主成分とする金属膜またはニッケル Ni を主成分とする金属膜であり、これらの金属膜は酸化され難い。エッチングの条件は、例えば、ガス流量  $\text{CHF}_3/\text{O}_2/\text{Ar}=30/2/150\text{ sccm}$ 、チャンバー圧力  $30\text{ mTorr}$ 、RF 電力  $800\text{ W}$  である。次に、図 11 に示すように、CVD 法により、酸化シリコン  $\text{SiO}_2$  からなる膜厚  $700\text{ nm}$  の絶縁膜 108 を堆積する。

#### 【0032】

なお、本実施形態のようにキャップ膜 107 をエッチバックによって溝部 102 ごとに分離する場合には、キャップ膜 107 を  $\text{Ta}$ 、 $\text{Ta}_x\text{N}_y$ 、 $\text{Ta}_x\text{Si}_y\text{N}_z$  等のタンタルを主成分とする金属膜、 $\text{Ti}_x\text{N}_y$ 、 $\text{Ti}_x\text{Si}_y\text{N}_z$  等のチタンを主成分とする金属膜または  $\text{WN}$ 、 $\text{W}_x\text{Si}_y\text{N}_z$  等のタングステンを主成分とする金属膜等の導電材料で形成しても良い。このように、キャップ膜 107 を金属を含む導電材料で形成すれば、第 2 のキャップ膜 107 と第 1 のキャップ膜 106 及びバリア膜 103 との密着性が高まり、さらに Cu の拡散 (Cu イオンの拡散及び Cu ヒロックの拡大) を抑制する効果が高まる。

#### 【0033】

##### 〔作用効果〕

本実施形態でも、Cu イオンや Cu ヒロックのリーク源となる配線膜 105 の上面 105a の縁部と、リーク電流のパスとなる絶縁膜 101 の界面 101a とが上下方向に離れているため、配線膜 105 の上面 105a の縁部から Cu イオン又は Cu ヒロックが絶縁膜の界面 101a に到達し難い。さらに、配線膜 105 の上面 105a を金属膜からなるキャップ膜 106 で覆っているため、配線膜 105 とキャップ膜 106 との界面、即ち配線膜 105 の上面 105a での密着性が高く、配線膜 105 の上面 105a においてエレクトロマイグレーションを抑制することができる。また、配線膜 105 及びバリア膜 103 の側面が絶縁効果の大きい第 2 のキャップ膜 107 で覆われているため、隣接する配線間でのリーク電流を抑制し、配線間での絶縁耐性を高めることができる。

#### 【0034】

比誘電率の高い材料を用いて第 2 のキャップ膜 107 を全面に形成する場合には、配線間容量の増大が問題となる。特に、多層配線構造においては、層間での配線間容量が増大

し、信号遅延の要因となる虞がある。これに対して、本実施形態のように第2のキャップ膜107を溝部102ごとに分離すれば、層間の絶縁材料であるキャップ膜107及び絶縁膜108全体での比誘電率、即ち実効比誘電率を低減することができるので、層間での配線間容量を抑制することができる。特に、キャップ膜107を比誘電率7.0の $\text{Si}_x\text{N}_y$ で形成する場合には、比誘電率4.2の酸化シリコン $\text{SiO}_2$ で形成する絶縁膜108よりも大幅に大きいため、比誘電率の高いキャップ膜107の体積を減少させれば、層間の配線間容量を大幅に低減することができる。

#### 【0035】

また、配線間容量の低減するためには、絶縁膜108の材料として、低比誘電率のフッ素ドープの $\text{SiO}_2$ （FSG膜、比誘電率3.5程度）などを使用する場合があるが、絶縁膜108の比誘電率が低下するほどキャップ膜が実効誘電率に与える影響が大きくなるので、本実施形態で示したようにキャップ膜を溝部102ごとに分離する構成は実効誘電率の低減に有効である。

#### 【0036】

また、 $\text{Co}_x\text{W}_y\text{P}_z$ 等からなるキャップ膜106は、バリア膜103上には成膜が困難であり、バリア膜103との境界である配線膜105の上面105の縁部では、酸素が進入する虞があるが、配線膜105の上面105の縁部を第2のキャップ膜107で覆うことによって、配線膜105が上面105の縁部から酸化されることを防止できる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0037】

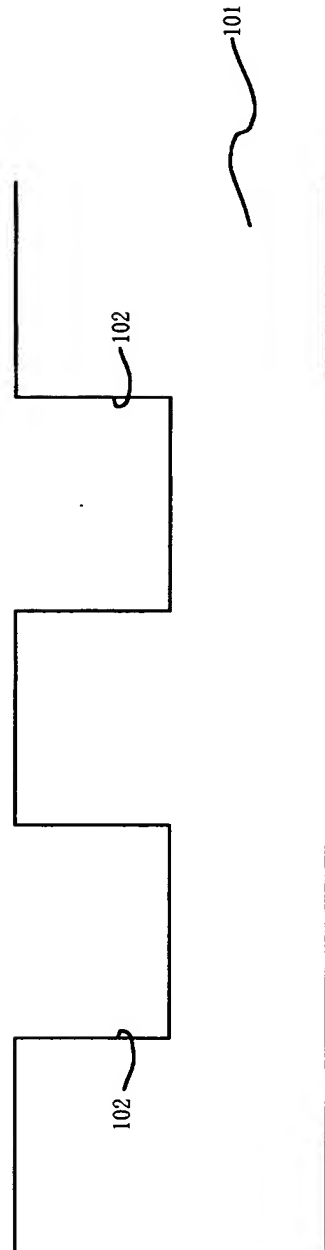
- 【図1】 第1実施形態に係る配線構造の製造方法を説明する図（その1）。
- 【図2】 第1実施形態に係る配線構造の製造方法を説明する図（その2）。
- 【図3】 第1実施形態に係る配線構造の製造方法を説明する図（その3）。
- 【図4】 第1実施形態に係る配線構造の製造方法を説明する図（その4）。
- 【図5】 第1実施形態に係る配線構造の製造方法を説明する図（その5）。
- 【図6】 第1実施形態に係る配線構造の製造方法を説明する図（その6）。
- 【図7】 第1実施形態に係る配線構造の製造方法を説明する図（その7）。
- 【図8】 第1実施形態に係る配線構造の製造方法を説明する図（その8）。
- 【図9】 第1実施形態に係る配線構造の製造方法を説明する図（その9）。
- 【図10】 第2実施形態に係る配線構造の製造方法を説明する図（その1）。
- 【図11】 第2実施形態に係る配線構造の製造方法を説明する図（その2）。
- 【図12】 ディッシングによる配線膜105の形状を示す図。

#### 【符号の説明】

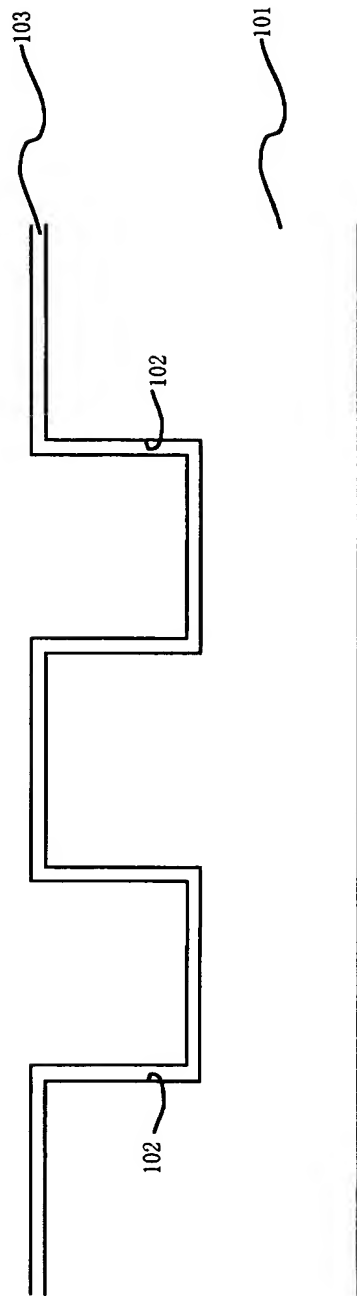
#### 【0038】

- 101 第1の絶縁膜
- 101a 第1の絶縁膜の界面
- 102 溝部
- 103 バリア膜
- 104 Cuシード膜
- 105 配線膜
- 105a 配線膜の上面
- 106 第1のキャップ膜
- 107 第2のキャップ膜
- 108 第2の絶縁膜

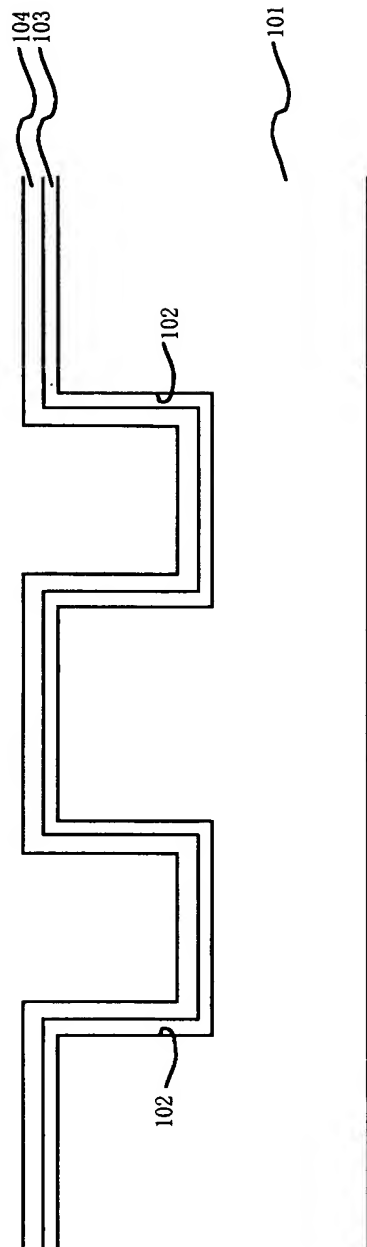
【書類名】 図面  
【図 1】



【図 2】

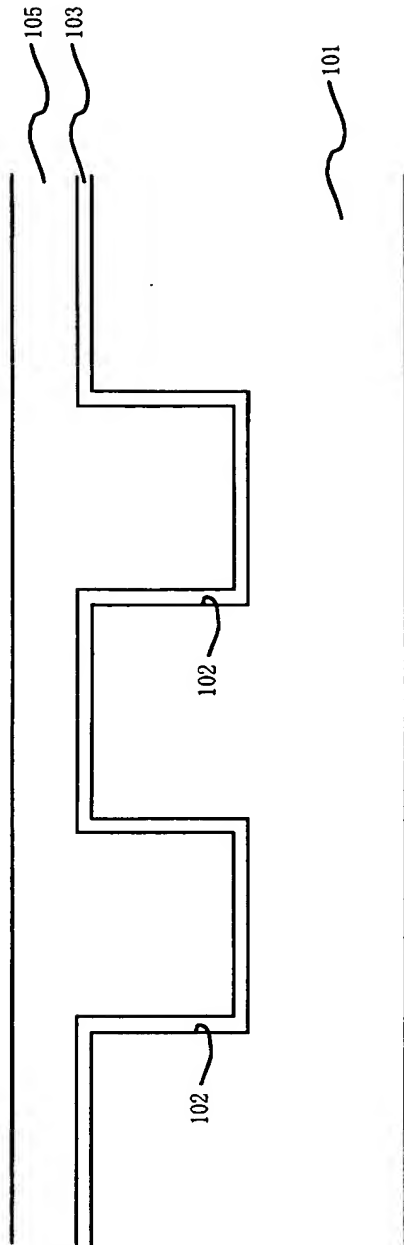


【図 3】

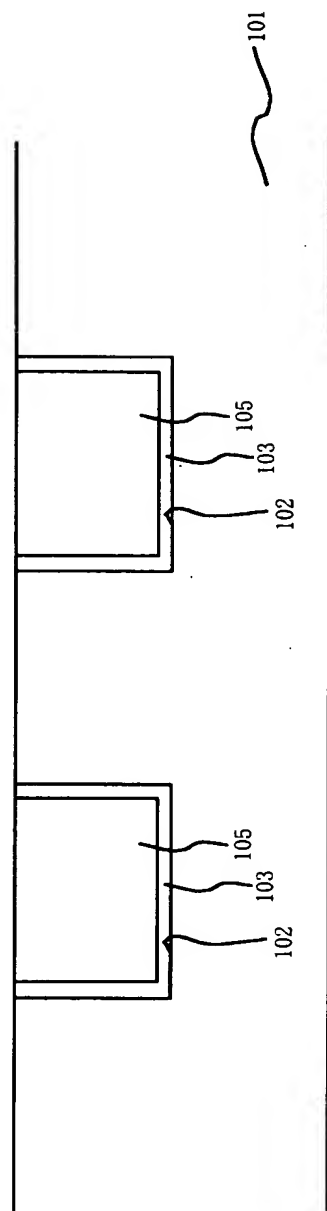




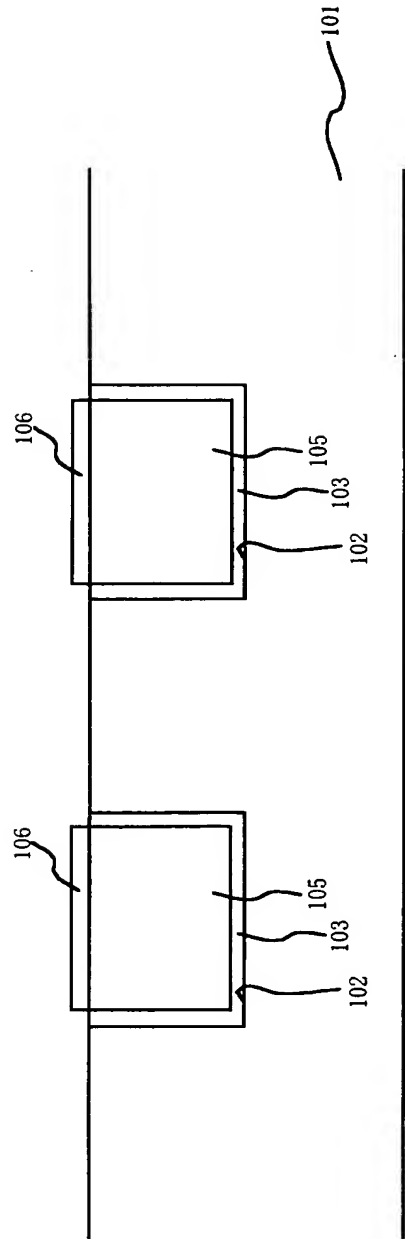
【図 4】



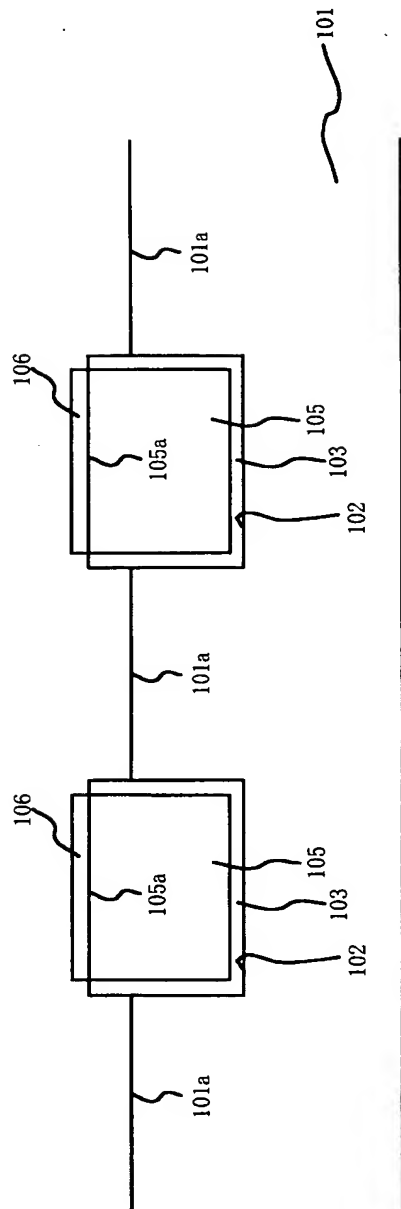
【図 5】



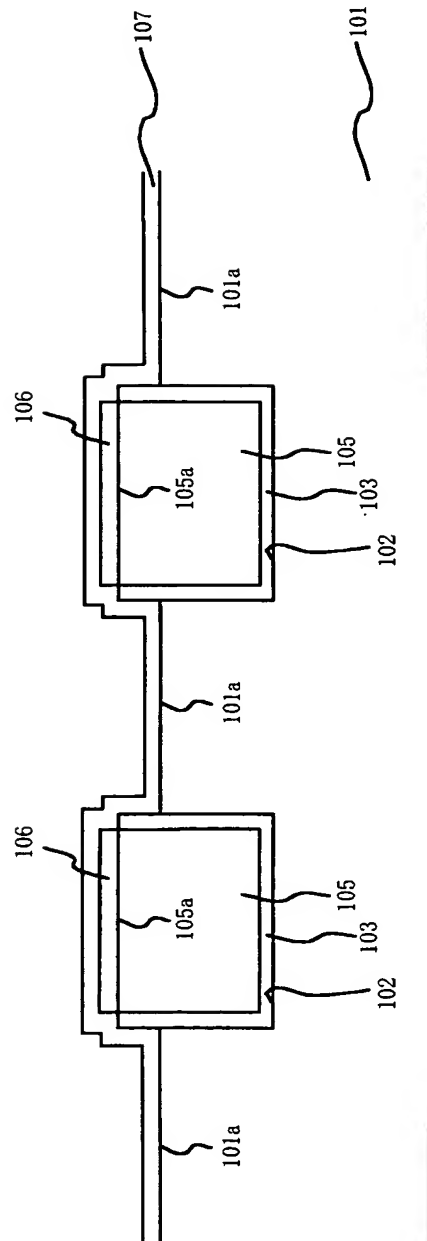
【図 6】



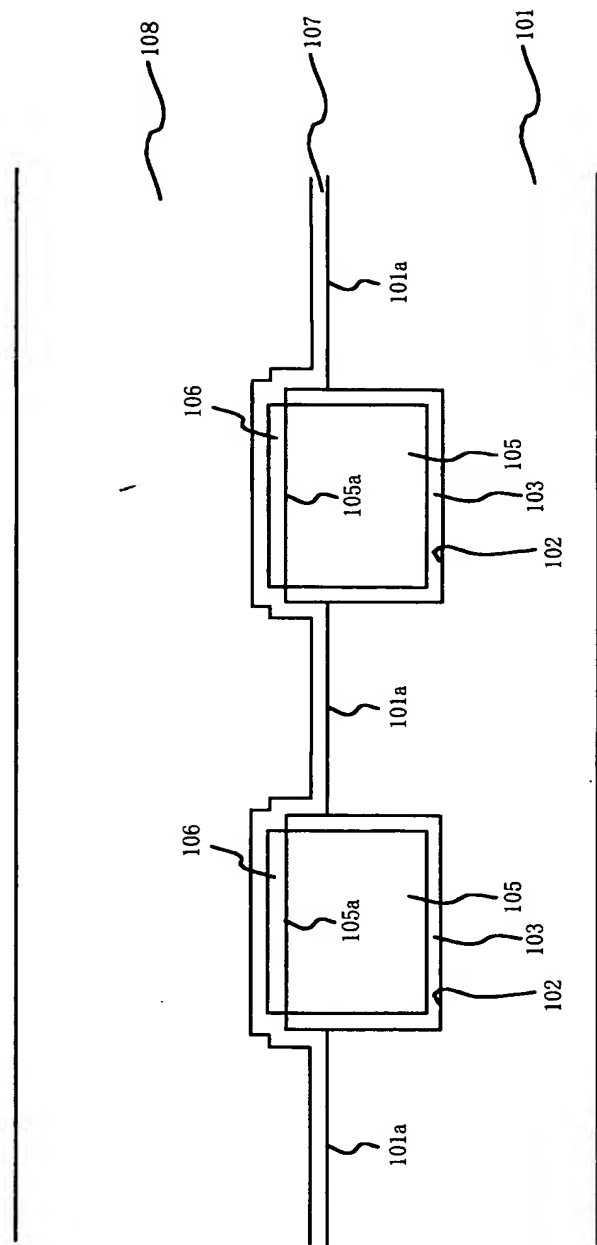
【図 7】



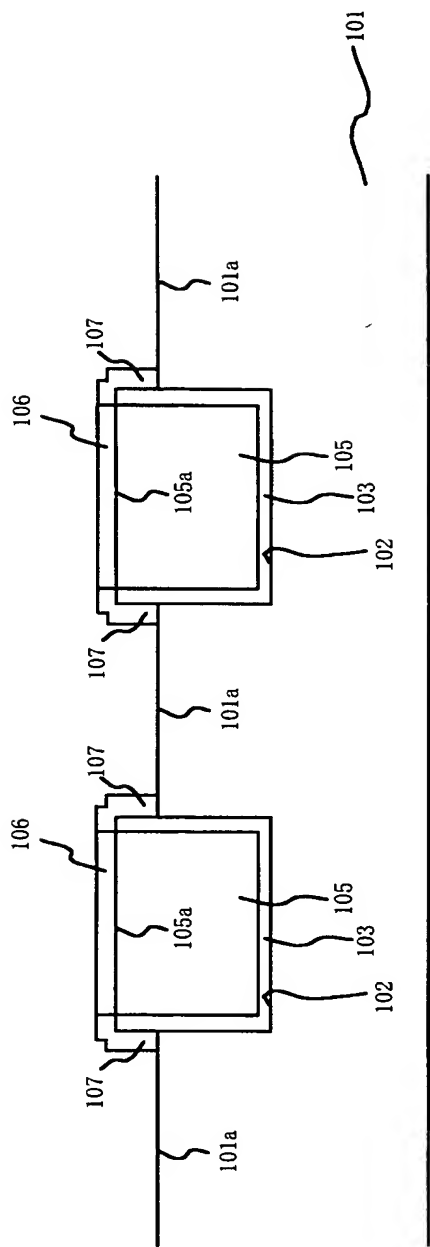
【図 8】



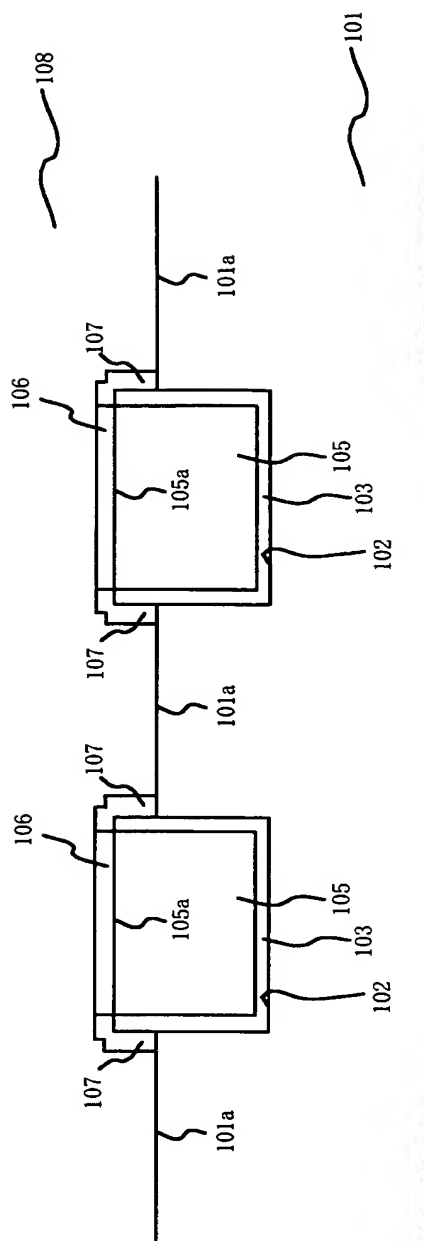
【図 9】



【図 10】

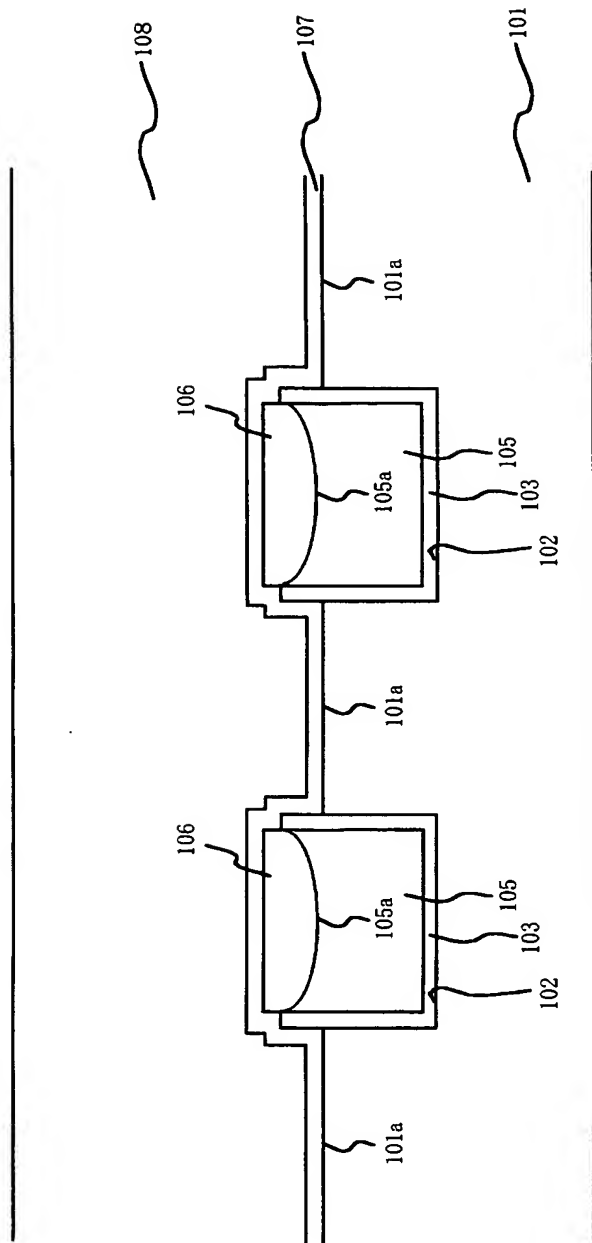


【図 11】





【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体装置の配線構造において、配線材料の拡散を防止することにより配線の絶縁耐性を向上させることにある。

【解決手段】 複数の溝部 102 を有する第 1 絶縁膜 101 と、溝部 102 間の第 1 絶縁膜 101 の上面よりも突出するように形成された複数の配線膜 105 と、配線膜 105 の底面に形成されるとともに配線膜 105 の側面において上面より上方まで形成されている複数のバリア膜 103 と、配線膜 105 の上面に形成された金属膜からなる第 1 キャップ膜 106 と、少なくとも第 1 キャップ膜 106 及びバリア膜 103 の側面に形成されている第 2 キャップ膜 107 とを備えることを特徴とする半導体装置の配線構造。

【選択図】 図 11

特願 2 0 0 3 - 3 6 5 2 3 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 0 2 9 5 ]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区虎ノ門 1 丁目 7 番 1 2 号

氏 名

沖電気工業株式会社